

ANALISIS PERHITUNGAN JEMBATAN GELAGAR I PADA JEMBATAN JALAN RAYA DAN JEMBATAN KERETA API

Irpan Hidayat

Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Binus University
Jl. K.H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480
irpan@binus.edu

ABSTRACT

The bridge is a means of connecting roads which is disconnected by barriers of the river, valley, sea, road or railway. Classified by functionality, bridges can be divided into highway bridge and railroad bridge. This study discusses whether the use of I-girder with 210 m height can be used on highway bridges and railway bridges. A comparison is done on the analysis of bridge structure calculation of 50 m spans and loads used in both the function of the bridge. For highway bridge, loads are grouped into three, which are self weight girder, additional dead load and live load. The additional dead loads for highway bridge are plate, deck slab, asphalt, and the diaphragm, while for the live load is load D which consists of a Uniform Distributed Load (UDL) and Knife Edge Load (KEL) based on "Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T-02-2005". The load grouping for railway bridge equals to highway bridge. The analysis on the railway bridges does not use asphalt, and is replaced with a load of ballast on the track and the additional dead load. Live load on the structure of the railway bridge is the load based on Rencana Muatan 1921 (RM.1921). From the calculation of the I-girder bridge spans 50 m and girder height 210 cm for railway bridge, the stress on the lower beam is over the limit stress allowed. These results identified that the I-girder height 210 cm at the railway bridge has not been able to resist the loads on the railway bridge.

Keywords: bridges, roads, railways, load

ABSTRAK

Jembatan merupakan sarana penghubung jalan yang terputus karena rintangan sungai, lembah, laut, jalan maupun rel kereta api. Jika diklasifikasikan secara fungsinya jembatan dapat dibedakan menjadi jembatan jalan raya dan jembatan kereta api. Pada paper ini, akan diperlihatkan apakah penggunaan gelagar I dengan tinggi 210 m dapat dipergunakan pada jembatan jalan raya maupun jembatan kereta api. Perbandingan dilakukan pada analisis perhitungan struktur jembatan dengan bentang 50 m dan beban-beban yang digunakan pada kedua fungsi jembatan tersebut. Untuk jembatan jalan raya beban dikelompokkan menjadi tiga kelompok beban, yaitu berat sendiri gelagar, beban mati tambahan, dan beban hidup. Beban mati tambahan yang dianalisis yaitu beban pelat, deck slab, aspal, dan diafragma sedangkan untuk beban hidup dengan fungsi jalan raya adalah beban D yang terdiri dari beban terdistribusi (load distribution) dan beban Knife Edge Load (KEL) berdasarkan "Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T-02-2005". Pengelompokan beban untuk jembatan kereta api sama dengan jembatan jalan raya. Yang membedakan dalam analisis perhitungan yaitu tidak adanya beban aspal pada jembatan kereta api dan digantikan dengan beban track dan ballast pada beban mati tambahan. Beban hidup yang bekerja pada struktur atas jembatan kereta api adalah beban yang berasal dari rangkaian kereta api yang besarnya ditentukan berdasarkan Rencana Muatan 1921 (RM.1921). Dari hasil perhitungan antara jembatan gelagar I bentang 50 m untuk jembatan jalan raya dan jembatan kereta api untuk tinggi gelagar 210 cm diperoleh kesimpulan untuk tinggi gelagar 210 cm pada jembatan kereta api, tegangan pada serat bawah tidak mencukupi batas tegangan yang diijinkan. Dari hasil ini dapat diidentifikasi bahwa tinggi gelagar 210 cm pada jembatan kereta api belum mampu menahan beban yang ada pada jembatan kereta api.

Kata kunci: beban, jembatan, jalan raya, kereta api

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan bagian dari jalan yang menghubungkan jalan yang terputus karena rintangan seperti sungai, lembah, laut, jalan maupun rel kereta api. Pada paper ini, akan diperlihatkan analisis perhitungan jembatan gelagar I bentang 50 m untuk jembatan kereta api dan jembatan jalan raya. Beban-beban yang diperhitungkan adalah beban yang digunakan sesuai dengan fungsi jembatan pada jembatan jalan raya dan jembatan kereta api. Untuk jembatan jalan raya beban dikelompokkan menjadi 3 kelompok beban yaitu berat sendiri gelagar, beban mati tambahan, dan beban hidup. Untuk beban mati tambahan yang di analisis yaitu beban pelat, *deck slab*, aspal, dan diafragma sedangkan untuk beban hidup dengan fungsi jalan raya adalah beban D yang terdiri dari beban terdistribusi (*load distribution*) dan beban *Knife Edge Load* (KEL) berdasarkan "Pembebanan Untuk Jembatan RSNI T-02-2005" .

Pengelompokkan beban untuk jembatan kereta api sama dengan jembatan jalan raya. Yang membedakan dalam analisis perhitungan yaitu tidak adanya beban aspal pada jembatan kereta api dan digantikan dengan beban *track* dan *ballast* pada beban mati tambahan. Beban hidup yang bekerja pada struktur atas jembatan kereta api adalah beban yang berasal dari rangkaian kereta api yang besarnya ditentukan berdasarkan Rencana Muatan 1921 (RM.1921).

Analisis perhitungan kedua jenis jembatan (jalan raya dan kereta api) menggunakan panjang gelagar, jarak antar gelagar, penampang gelagar, tebal pelat, dan tebal deck slab yang sama. Kuat tekan beton untuk gelagar adalah $724,3 \text{ kg/cm}^2$ (K-800) sedangkan untuk pelat $291,8 \text{ kg/cm}^2$ (K-350). Kabel prategang yang digunakan yaitu *uncoated stress relieve 7 wires strand* dengan kuat tarik ultimate: 19.000 kg/cm^2 , diameter: 12,7 mm, luas efektif: $0,987 \text{ cm}^2$, dan modulus elastisitas $1.960.000 \text{ kg/cm}^2$.

Adapun tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut: (1) menganalisis kekuatan profil I terhadap gaya-gaya yang bekerja khususnya beban hidup pada jalan raya dan kereta api; (2) menghitung kekuatan gelagar I jembatan jalan raya dan jembatan kereta api pada kondisi awal (setelah diberi gaya prategang) dan kondisi layan; (3) mengetahui apakah dimensi penampang gelagar I untuk jembatan jalan raya dapat juga dipergunakan untuk jembatan kereta api.

METODE

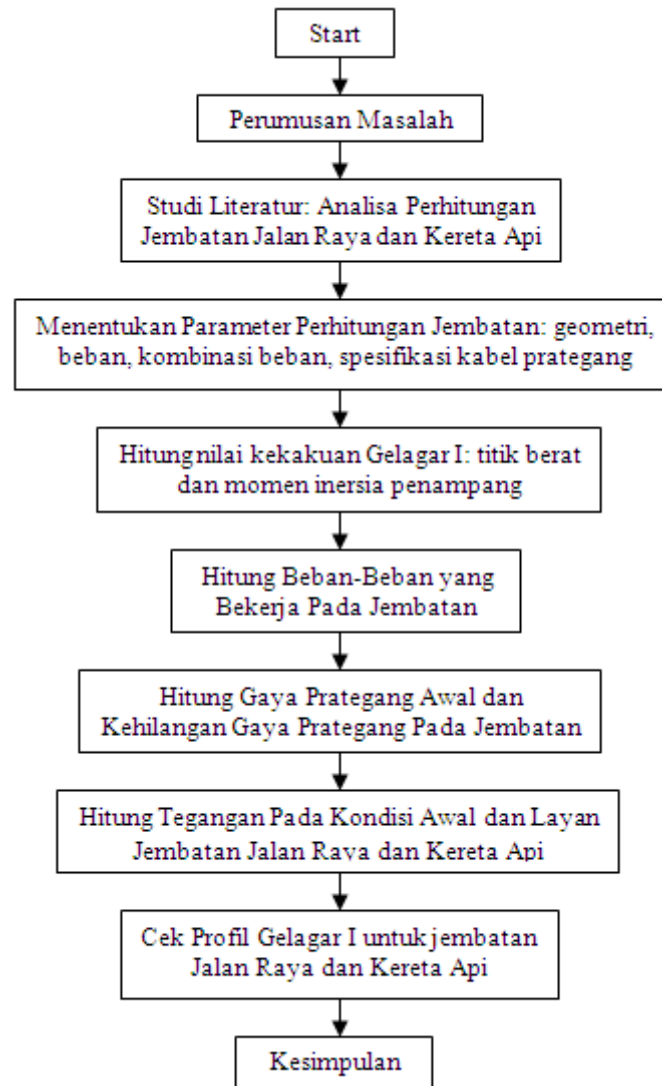
Metode penelitian yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dijelaskan seperti gambar diagram alir di bawah ini (Gambar 1).

Metode Perhitungan

Konsep beton prategang sendiri adalah pemberian gaya prategang atau tegangan kepada kabel prategang yang diaplikasikan dalam beton. Pemberian gaya prategang dapat dilakukan sebelum atau sesudah beton dicor. Pemberian prategang sebelum dilakukan pengecoran disebut juga pratarik (*pretensioned*), sedangkan pemberian prategang setelah dilakukan pengecoran disebut sistem pascatarik (*post-tensioned*).

Pemberian gaya prategang pada beton akan memberikan tegangan tekan pada penampang. Tegangan ini akan menahan beban luar yang bekerja pada penampang. Posisi penegangan dapat memberikan keuntungan yang lebih apabila diatur secara tepat. Apabila gaya prategang yang bekerja tidak terletak di pusat penampang melainkan dengan eksentrisitas, maka tegangan akan bertambah

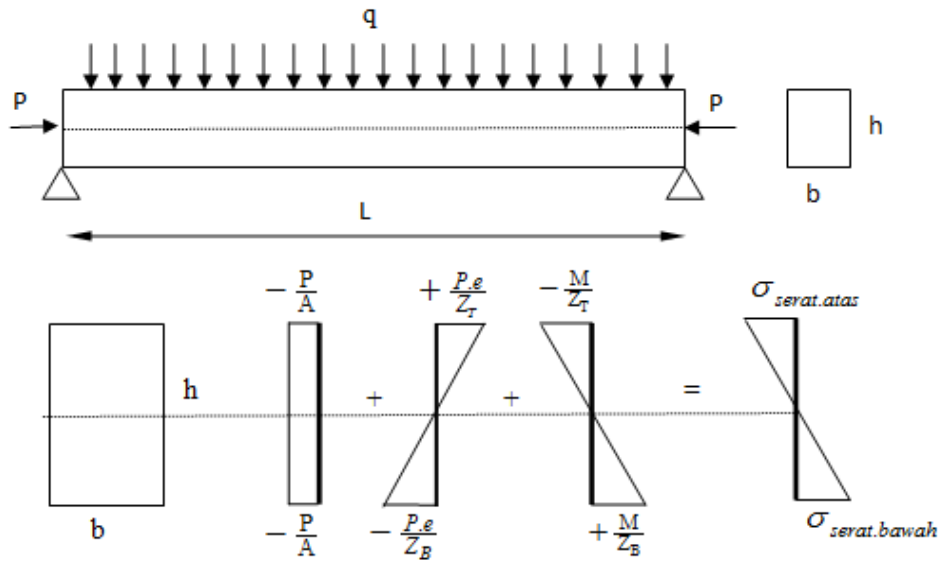
akibat eksentrisitas tersebut. Beton prategang dapat mengalami gaya prategang penuh (*fully prestressed*) ataupun gaya prategang sebagian (*partial prestressed*). Prategang penuh adalah penampang struktur tidak diizinkan ada tegangan tarik pada penampang baik pada tahap transfer sampai dengan masa layan dan tegangan pada serat bawah dianggap tidak ada. Sedangkan prategang sebagian adalah penampang struktur direncanakan untuk dapat menerima tegangan tarik pada lokasi penampang selama masa transfer sampai masa layan dan tegangan serat bawah beton tidak sama dengan nol.



Gambar 1 Bagan alir penelitian.

Metode penentuan gaya prategang ada dua macam, yaitu metode elastis dan metode *Magnel's*. Metode elastis adalah metode yang paling sering digunakan karena lebih baik dalam perhitungan apabila tegangan tarik terjadi pada masa layan dan mengalami keretakan yang wajar, atau apabila tegangan tekan berlebih dan perpendekan jangka panjang yang besar dapat diperkirakan.

Metode elastis juga berguna untuk memperkirakan kemungkinan masalah pada daya layan. Berikut ini adalah diagram tegangan untuk metode elastic (Gambar 2):



Gambar 2 Diagram tegangan.

Dari diagram tegangan diatas dapat disimpulkan resultan tegangan di serat atas maupun serat bawah adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{\text{serat.atas}} = -\frac{P}{A} + \frac{P.e}{Z_T} - \frac{M}{Z_T} \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma_{\text{serat.bawah}} = -\frac{P}{A} - \frac{P.e}{Z_T} + \frac{M}{Z_T} \dots\dots\dots (2)$$

=

di mana:

- $\sigma_{\text{serat.atas}}$ = tegangan pada serat atas beton
- $\sigma_{\text{serat.bawah}}$ = tegangan pada serat bawah beton
- P = gaya prategang
- A = luas penampang beton
- e = eksentrisitas
- Z_T = modulus penampang serat atas beton
- Z_B = modulus penampang serat bawah beton
- M = momen yang terjadi

Beton prategang mengalami beberapa tahap pembebanan. Setiap pembebanan, beton prategang harus dilakukan pengecekan saat kondisi serat tertekan maupun saat tertarik. Tahap pembebanan pada beton prategang adalah: (1) masa peralihan (*transfer*); (2) masa layan (*service*). Dengan batas ijin tegangan untuk masa peralihan dan masa layan sesuai dengan RSNI 2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan adalah sebagai berikut

Masa peralihan:

Serat Tertekan $= 0.6 f'_{ci} \dots\dots\dots (3)$

Serat Tertarik $= 0.25 \sqrt{f'_{ci}} \dots\dots\dots (4)$

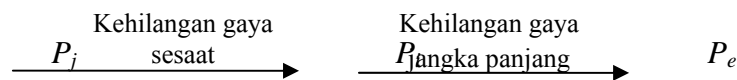
Masa Layan:

$$\text{Serat Tertekan} = 0.45 f'_c \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Serat Tertarik} = 0.5 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Dengan } f'_{ci} = 0.7 f'_c \dots\dots\dots (7)$$

Kabel baja prategang akan mengalami kehilangan saat di mana gaya prategang mengalami kehilangan gaya pada setiap pembebanan yang dilakukan hingga menjadi gaya prategang efektif pada saat akhir yaitu masa layan. Kehilangan gaya sesaat (*immediate losses*) dialami oleh gaya prategang saat masa peralihan berlangsung. Kehilangan gaya sesaat disebabkan oleh perpendekan elastis pada beton maupun *tendon*, gesekan yang terjadi pada kabel dan gesekan pada angkur. Sedangkan kehilangan gaya pada masa layan disebut kehilangan gaya jangka panjang (*time-dependent losses*). Kehilangan gaya ini disebabkan oleh susut dan rangkak pada beton dan relaksasi pada baja. Berikut ini adalah bagan kehilangan gaya dalam prategang (Gambar 3).



Gambar 3 Bagan Kehilangan Gaya Prategang.

di mana:

P_j = gaya prategang pada *jack* saat sebelum masa peralihan

P_i = gaya prategang awal setelah masa peralihan

P_e = gaya prategang efektif setelah kehilangan gaya jangka panjang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Struktur Jembatan

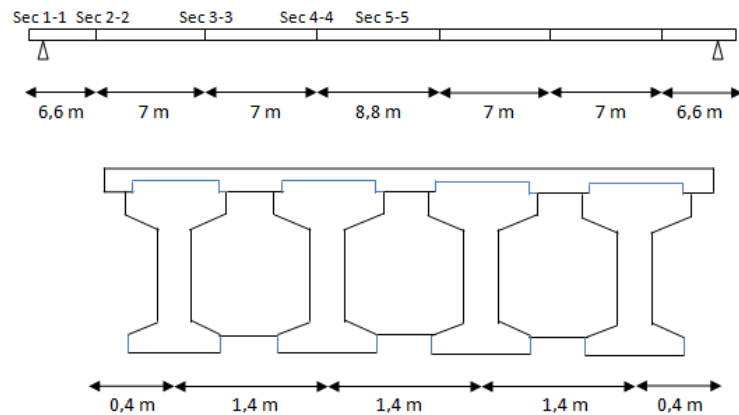
Geometri struktur jembatan kereta api dan jalan raya untuk analisis perhitungan adalah sama. Dengan data geometri struktur jembatan arah longitudinal adalah 50 m dengan lebar arah transversal nya yaitu 5 m. Segmentasi gelagar arah longitudinal jembatan dibagi menjadi 7 segmen dengan masing-masing panjang segmen secara berurutan adalah sebagai berikut 6,6-7-7-8,8-7-7-6,6 m. Jumlah gelagar I arah transversal sebanyak 3 buah dengan jarak antar gelagar 1,4 m dan tambahan panjang pada ujung gelagar sebelah kiri dan kanan adalah 0,4 m. Berikut ini adalah gambar struktur jembatan arah transversal dan longitudinal jembatan jalan raya dan kereta api (Gambar 4).

Spesifikasi Teknis Material Jembatan

Spesifikasi teknis gelagar dan kabel prategang beserta susunan konfigurasi tendon kabel prategang seperti penjelasan Tabel 1 dan 2 di bawah ini.

Beban-Beban yang Bekerja

Beban-beban yang bekerja pada jembatan jalan raya dan jembatan kereta api seperti diperlihatkan pada Tabel 3 di bawah ini.



Gambar 4 Geometri struktur jembatan.

Tabel 1 Spesifikasi Teknis Gelagar I dan Kabel Prategang

Gelagar I		Kabel Prategang	
Bentang	50 m	Nominal diameter	12,7 mm
Tinggi Gelagar	230 cm	Nominal area	0,987 cm ²
Jarak antar gelagar	100 cm	Modulus of elasticity	kg/cm ²
Tebal pelat	20 cm	Ultimate tensile strength	19000 kg/cm ²
Kuat tekan gelagar	K -800	Low-Relaxation.	
Kuat tekan pelat	K -350	Jumlah kabel prategang	88 strand

Tabel 2 Susunan Konfigurasi Tendon

No. Tendon	Jumlah strand	Tinggi strand dari bawah (cm)	
		Tepi	Tengah
1	12	185	40
2	19	155	25
3	19	125	12,5
4	19	60	12,5
5	19	30	12,5

Tabel 3 Beban-Beban yang Bekerja

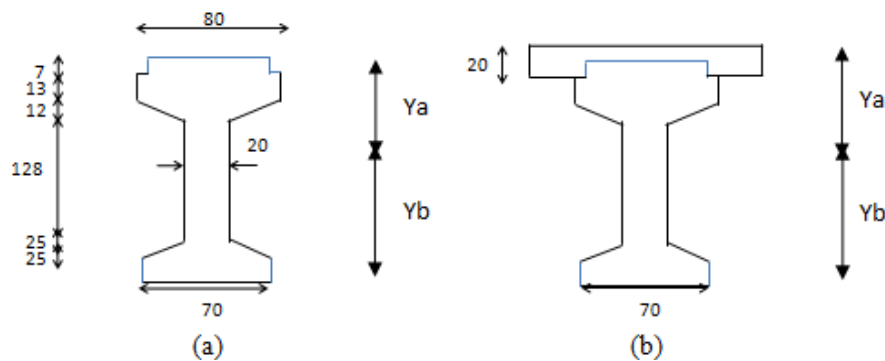
Komponen Beban	Fungsi Jembatan			
	Jalan Raya	Nilai Beban/m	Kereta Api	Nilai Beban/m
Beban Mati	Berat gelagar	1,981 ton/m	Berat gelagar	1,981 ton/m
	Pelat	0,5 ton/m	Pelat	0,5 ton/m
	Aspal	0,154 ton/m	Track + Balast	9,0625 kN/m
	Diafragma	0,08177 ton/m	Diafragma	0,08177 ton/m
Beban Hidup	Distribution Load	0,720 ton/m	Rencana Muatan (RM 1921)	120 kN/gandar
	Line Load	9,604 ton		

Perhitungan Momen Inersia Penampang Gelagar I

Nilai momen inersia dan modulus penampang gelagar I dibagi menjadi 2 bagian yaitu gelagar I precast dan gelagar I komposit. Gambar dan nilai momen inersia masing-masing gelagar diperlihatkan pada Gambar 5 dan Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Nilai Modulus Penampang Gelagar I Precast dan Komposit

Deskripsi	Area (cm ²)	Ya (cm)	Yb (cm)	Ix (cm ⁴)	Wa (cm ³)	Wb (cm ³)
Precast Beam	7523	108,805	101,195	41398803	380486,4	409099,1
Composite Beam	9301	106,0939	123,9061	61756491	582092,6	498413,8



Gambar 5 Potongan Gelagar I Precast (a) dan Gelagar I Komposit (b) (satuan dalam cm).

Keterangan:

- Ya = jarak dari tepi atas gelagar ke titik berat penampang
- Yb = jarak dari tepi bawah gelagar ke titik berat penampang
- Ix = nilai momen inersia penampang
- Wa = modulus penampang serat atas
- Wb = modulus penampang serat bawah

Perhitungan Gaya-Gaya dalam (Internal Forces)

Perhitungan gaya-gaya dalam untuk jembatan fungsi jalan raya dan kereta api seperti diperlihatkan pada Tabel 5 – 8 di bawah ini.

Tabel 5 Nilai Gaya dalam Momen Jembatan Jalan Raya (dalam ton)

Type	Beban	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
		0 m	6,6 m	13,6 m	20,6 m	25 m
DL	balok pracetak	0	269,36	465,52	569,53	587,73
DL	Slab	0	71,61	123,76	151,41	156,25
ADL	Lapis Aspal	0	22,06	38,12	46,63	48,13
DL	diafragma + deck slab	0	30,51	52,73	64,51	66,57
LL	Distribution Load	0	144,37	249,50	305,24	315,00
	KEL	0	55,02	95,09	116,33	120,05
	Total (DL+LL)	0	592,92	1024,71	1253,65	1293,73

Tabel 6 Nilai Gaya dalam Geser Jembatan Jalan Raya (dalam ton)

Tipe	Beban	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
		0 m	6,6 m	13,6 m	20,6 m	25 m
DL	balok pracetak	47,02	34,61	21,44	8,28	0
DL	Slab	12,50	9,20	5,70	2,20	0
ADL	Lapis Aspal	3,85	2,83	1,76	0,68	0
DL	diafragma + deck slab	5,33	3,92	2,43	0,94	0
LL	Distribution Load	25,20	18,55	11,49	4,44	0
	KEL	9,60	8,34	6,99	5,65	4,80
Total (DL+LL)		103,50	77,44	49,81	22,17	4,80

Tabel 7 Nilai Gaya dalam Momen Jembatan Kereta Api (dalam ton)

Tipe	Beban	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
		0 m	6,6 m	13,6 m	20,6 m	25 m
DL	balok pracetak	0	269,36	465,52	569,53	587,73
DL	slab	0	71,61	123,76	151,41	156,25
ADL	track + ballast	0	129,79	224,32	274,43	283,20
DL	diafragma + deck slab	0	30,51	52,73	64,51	66,57
LL	Kereta	0	239,17	434,80	558,00	572,80
Total (DL+LL)		0	740,45	1301,12	1617,88	1666,56

Tabel 8 Nilai Gaya dalam Geser Jembatan Kereta Api (dalam ton)

Tipe	Beban	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
		0 m	6,6 m	13,6 m	20,6 m	25 m
DL	balok pracetak	47,02	34,61	21,44	8,28	0
DL	slab	12,50	9,20	5,70	2,20	0
ADL	track + ballast	22,66	16,68	10,33	3,99	0
DL	diafragma + deck slab	5,33	3,92	2,43	0,94	0
LL	Kereta	46,90	39,49	31,65	23,81	18,78
Total (DL+LL)		134,40	103,89	71,55	39,21	18,78

Perhitungan Gaya Prategang Awal dan Kehilangan Gaya Prategang

Nilai perhitungan gaya prategang awal dan kehilangan gaya prategang dapat diperlihatkan seperti dibawah ini.

Perhitungan tegangan awal:

Kondisi awal (transfer) di tengah bentang

$$\text{serat atas, } \sigma_{\text{top}} = \frac{P_i}{A_c} - \frac{P_i \cdot e}{W_a} + \frac{M_{bs}}{W_a} = -19,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_i = 2086,68 \text{ ton}$$

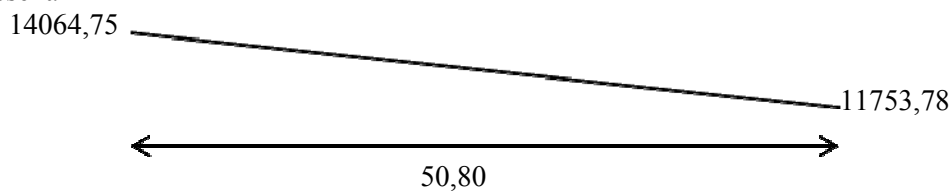
$$\text{serat bawah, } \sigma_{\text{bot}} = \frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e}{W_a} - \frac{M_{bs}}{W_a} = 347,67 \text{ kg/cm}^2$$

	Result:	Pi = 1471,22	ton
Kondisi layan di tengah bentang		Pi = 1471,22	ton
serat atas, σ_{top} =	$Pe/Acp-(Pe.e-Mbp)/Wap+ Mbh/Wac$	= 325,94	kg/cm ²
		Pe = 410,20	ton
serat bawah, σ_{bot} =	$Pe/Acp+(Pe.e-Mbp)/Wbp-Mbh/Wbc$	= -42,97	kg/cm ²
		Pe = 978,87	ton
	Result:	Pe = 978,87	ton

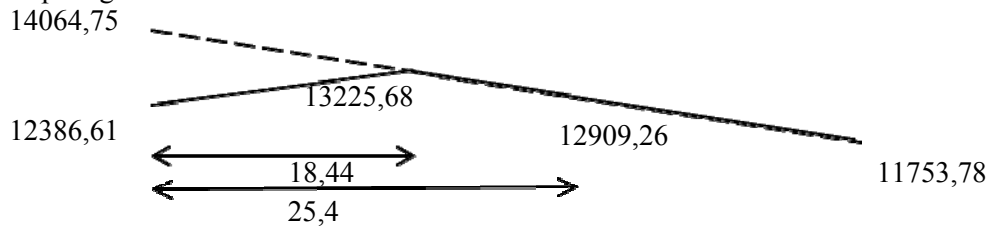
Kehilangan gaya prategang (satuan gaya dalam kg, satuan jarak dalam m): Nilai jacking forces yang diambil adalah 75 % dari Ultimate Tensile Stress. Sehingga perhitungan nya adalah sebagai berikut (Gambar 6):

$$Po \text{ (Jacking Force)} = 75 \% \times 0.987 \text{ cm}^2 \times 19000 \text{ kg/cm}^2 = 14064,75 \text{ kg}$$

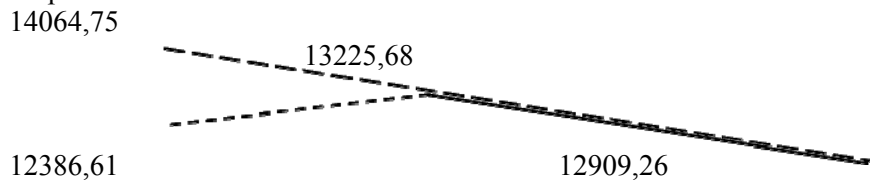
a. Gesekan



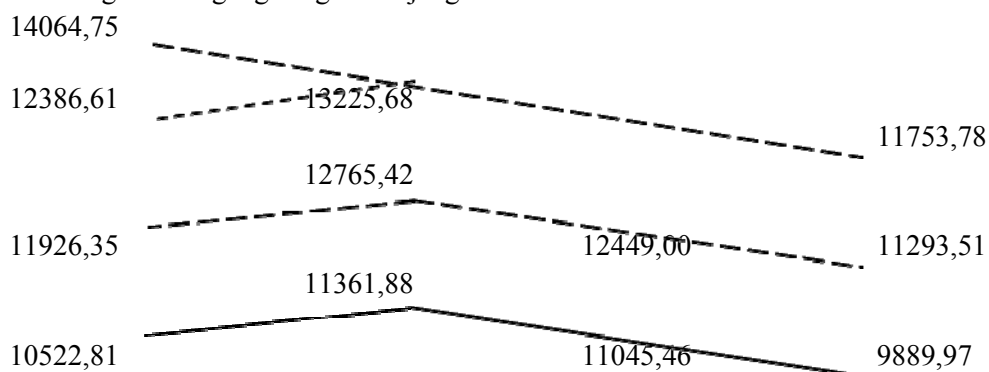
b. Slip Angkur



c. Perpendekan Elastis



d. Kehilangan Prategang Jangka Panjang



Gambar 6 Skema Kehilangan Gaya Prategang (satuan dalam kg)

Dari hasil perhitungan kehilangan gaya prategang di atas, dapat dihitung besar nilai gaya prategang pada saat *jacking forces*, kondisi awal, dan kondisi masa layan (Tabel 9).

Tabel 9 Gaya Prategang

Jacking force =	88 strand	x	14064,75	=	1237698,0	kg
Initial =	88 strand	x	12909,26	=	1136015,2	kg
service =	88 strand	x	11045,46	=	972000,2	kg

Tegangan pada Kondisi Awal

Tegangan yang terjadi pada kondisi awal dari fungsi jembatan jalan raya dan kereta api seperti ditunjukkan pada Tabel 10 dan 11 di bawah ini.

Tabel 10 Nilai Tegangan Kondisi Awal Jembatan Jalan Raya

Description	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
x (m)	0,00	6,60	13,60	20,60	25,00
Momen DL (ton.m)	0,00	269,36	465,52	569,53	587,73
Pi (ton)	1136,02	1136,02	1136,02	1136,02	1136,02
e (m)	-0,02	0,36	0,65	0,80	0,82
Pi.e (ton.m)	22,72	-408,87	-738,24	-908,60	-931,32
Momen net. (ton.m)	22,72	-139,51	-272,72	-339,08	-343,58
Pi / A (kg/cm ²)	150,97	150,97	150,97	150,97	150,97
M / Wa (kg/cm ²)	5,97	-36,67	-71,68	-89,12	-9,03
M / Wb (kg/cm ²)	-5,55	34,10	66,66	82,88	83,99
Serat atas (σ_t)	156,94	114,30	79,29	61,85	141,94
Serat bawah (σ_b)	145,42	185,07	217,63	233,85	234,96

Tabel 11 Nilai Tegangan Kondisi Awal Jembatan Kereta Api

Description	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
x (m)	0,00	6,60	13,60	20,60	25,00
Momen DL (ton.m)	0,00	269,36	465,52	569,53	587,73
Pi (ton)	1136,02	1136,02	1136,02	1136,02	1136,02
e (m)	-0,02	0,36	0,65	0,80	0,82
Pi.e (ton.m)	22,72	-408,97	-738,41	-908,81	-931,53
Momen net. (ton.m)	22,72	-139,60	-272,89	-339,28	-343,80
Pi / A (kg/cm ²)	151,01	151,01	151,01	151,01	151,01
M / Wa (kg/cm ²)	5,97	-36,69	-71,72	-89,17	-90,36
M / Wb (kg/cm ²)	-5,55	34,12	66,70	82,93	84,04
Serat atas (σ_t)	156,98	114,31	79,29	61,83	60,65
Serat bawah (σ_b)	145,45	185,13	217,71	233,94	235,04

Tegangan pada Kondisi Layan

Tegangan yang terjadi pada kondisi layan dari fungsi jembatan jalan raya dan kereta api seperti ditunjukkan pada Tabel 12 dan 13 di bawah ini.

Tabel 12 Nilai Tegangan Kondisi Layan Jembatan Jalan Raya

Description	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
x (m)	0,00	6,60	13,60	20,60	25,00
Momen DL (ton.m)	0,00	400,14	691,53	846,03	873,08
Pi (ton)	972,00	972,00	972,00	972,00	972,00
e (m)	-0,02	0,36	0,65	0,80	0,82
Pi.e (ton.m)	19,43	-349,83	-631,63	-777,39	-796,83
Momen ... M1 (ton.m)	19,43	50,31	59,90	68,64	76,25
Momen ... M2 (ton.m)	0,00	762,38	1460,12	1957,83	2256,13
Pi / A (kg/cm ²)	129,17	129,17	129,17	129,17	129,17
M1 / Wa (kg/cm ²)	5,11	13,22	15,74	18,04	20,04
M1 / Wb (kg/cm ²)	-4,75	-12,30	-14,64	-16,78	-18,64
M2 / Wa (kg/cm ²)	0,00	130,97	250,84	336,34	387,59
M2 / Wb (kg/cm ²)	0,00	-152,96	-292,95	-392,81	-452,66
Serat atas (σ_t)	134,28	273,36	395,75	483,55	536,80
Serat bawah (σ_b)	124,42	-36,09	-178,43	-280,42	-342,13

Tabel 13 Nilai Tegangan Kondisi Layan Jembatan Kereta Api

Description	Sec 1-1	Sec 2-2	Sec 3-3	Sec 4-4	Sec 5-5
x (m)	0,00	6,60	13,60	20,60	25,00
Momen DL (ton.m)	0,00	371,48	642,01	785,44	810,55
Pi (ton)	972,00	972,00	972,00	972,00	972,00
e (m)	-0,02	0,36	0,65	0,80	0,82
Pi.e (ton.m)	19,44	-349,92	-631,80	-777,60	-797,04
Momen M1 (ton.m)	19,44	21,56	10,21	7,84	13,51
Momen M2 (ton.m)	0,00	368,97	659,12	832,43	856,00
Pi / A (kg/cm ²)	129,20	129,20	129,20	129,20	129,20
M1 / Wa (kg/cm ²)	5,11	5,67	2,68	2,06	3,55
M1 / Wb (kg/cm ²)	-4,75	-5,27	-2,50	-1,92	-3,30
M2 / Wa' (kg/cm ²)	0,00	63,39	113,23	143,01	147,06
M2 / Wb' (kg/cm ²)	0,00	-74,03	-132,24	-167,02	-171,75
Serat atas (σ_t)	134,31	198,26	245,12	274,27	279,81
Serat bawah (σ_b)	124,45	49,91	-5,53	-39,73	-45,84

Perbandingan Tegangan Jembatan Jalan Raya dan Kereta Api

Dari hasil Tabel 12 dan 13, dapat diambil kesimpulan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada gelagar I untuk fungsi jembatan jalan raya dan jembatan kereta api sebagai berikut (Tabel 14).

Tabel 14 Perbandingan Tegangan Jembatan Jalan Raya dan Kereta Api

Batas Tegangan (kg/cm ²)	Jalan Raya		Kereta Api		
	Tegangan (kg/cm ²)	Cek	Tegangan (kg/cm ²)	Cek	
<u>Kondisi Awal:</u>					
Serat atas	-19.22	60.65	OK	60.65	OK
Serat bawah	347.67	235.04	OK	235.04	OK
<u>Kondisi Layan:</u>					
Serat atas	325.94	215.76	OK	279.81	OK
Serat bawah	-42.97	28.96	OK	-45.84	NOT OK

PENUTUP

Dari hasil perhitungan antara jembatan gelagar I bentang 50 m, dapat di ambil kesimpulan bahwa untuk tinggi gelagar 210 cm pada jembatan kereta api, tegangan pada serat bawah tidak mencukupi batas tegangan yang di ijinakan. Dari hasil ini dapat diidentifikasi bahwa dengan tinggi gelagar 210 cm pada jembatan kereta api belum mampu menahan beban yang ada pada jembatan kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan, SNI T-12-2004*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). *Perencanaan Pembebanan untuk Jembatan, SNI T- 02-2005*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Pelaksanaan Pekerjaan Beton untuk Jembatan dan Jalan Pedoman T-07-2005*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Railway Technical Institute. (2004). *Design Standard Railway Structure for Concrete Structure*.